

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2002年3月7日 (07.03.2002)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 02/19414 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 21/66, (IWABUCHI, Miho) [JP/JP]; 〒961-8061 福島県西白河郡西郷村大字小田倉字大平150 信越半導体株式会社 半導体白河研究所内 Fukushima (JP).
G01N 21/956, G01B 11/30, H01L 21/304
- (21) 国際出願番号: PCT/JP01/07152
- (22) 国際出願日: 2001年8月21日 (21.08.2001) (74) 代理人: 石原昭二 (ISHIHARA, Shoji); 〒170-0013 東京都豊島区東池袋3丁目7番8号 若井ビル302号 Tokyo (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (81) 指定国 (国内): KR, SG, US.
- (30) 優先権データ: 特願2000-262271 2000年8月31日 (31.08.2000) JP (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 信越半導体株式会社 (SHIN-ETSU HANDOTAI CO., LTD.) [JP/JP]; 〒100-0005 東京都千代田区丸の内一丁目4番2号 Tokyo (JP). 添付公開書類:
— 国際調査報告書
- (72) 発明者; および 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 岩淵美保

(54) Title: METHODS OF INSPECTING AND MANUFACTURING SILICON WAFER, METHOD OF MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE, AND SILICON WAFER

(54) 発明の名称: シリコンウェーハの検査方法及び製造方法、半導体デバイスの製造方法及びシリコンウェーハ



(57) Abstract: A method of inspecting a silicon wafer capable of confirming a new defect affecting a device process and effectively detecting the new defect, a method of manufacturing a silicon wafer without the defect, a method of manufacturing a semiconductor device using the silicon wafer without the defect, and the silicon wafer without the defect, characterized in that, when the silicon wafer is inspected, a defect formed of micro-defects collected in colony-shape and having an entire defect size of 0.5 μ m or more is inspected.

(57) 要約:

デバイス工程に影響する新たな欠陥の確認及びその新たな欠陥を効果的に検出するシリコンウェーハ検査方法及びこの欠陥の存在しないシリコンウェーハの製造方法及びこの欠陥のないシリコンウェーハを用いた半導体デバイスの製造方法並びにこの欠陥のないシリコンウェーハを提供する。シリコンウェーハを検査するにあたり、微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが0.5 μ m以上である欠陥を検査することを特徴とする。

WO 02/19414 A1

BEST AVAILABLE COPY

明 細 書

シリコンウエーハの検査方法及び製造方法、半導体デバイスの製造方法及びシリコンウエーハ

5

技術分野

本発明は、シリコンウエーハ（以下、単にウエーハということがある）の検査方法、更に詳しくは今までに確認されていなかった新たな欠陥を検出するシリコンウエーハの検査方法、この欠陥のないシリコンウエーハを製造するための方法及びこの欠陥のないシリコンウエーハを用いた半導体デバイスの製造方法並びにこの欠陥のない新規なシリコンウエーハに関する。

10

背景技術

一般にシリコンウエーハの製造方法は、単結晶インゴットをスライスして薄円板状のウエーハを得るスライス工程と、該スライス工程によって得られたウエーハの割れ、欠けを防止するためにその外周部を面取りする面取り工程と、このウエーハを平坦化するラッピング工程と、面取り及びラッピングされたウエーハに残留する加工歪みを除去するエッチング工程と、そのウエーハ表面を鏡面化する研磨（ポリッシング）工程と、研磨されたウエーハを洗浄して、これに付着した研磨剤や異物を除去する洗浄工程を有している。上記工程は、主な工程を示したもので、他に熱処理工程等の工程が加わったり、工程順が入れ換えられたりする。このように製造されたシリコンウエーハは、最終的に品質検査が行われ、その後ウエーハを収納する容器に入れられ包装後、デバイス製造会社（工程）に送られる。

20

25

このような製造工程の中で、デバイスの微細化に伴い、達成すべきデバイス特性がますます厳しくなり、シリコンウエーハに対しても更なる結晶品質の完全性と表面の清浄化が要求されている。

従って、シリコンウエーハの品質を精密に評価し、シリコンウエーハ
5 の作製及びデバイス作製プロセスの改善を図っていく必要がある。

シリコンウエーハは、不純物、微小欠陥、歪み場等の存在に伴い結晶品質の完全性が大きく損われる。また、シリコンウエーハ表面でも重金属や、有機物、パーティクルや表面ラフネスが問題となってくる。

これまでにデバイス工程で問題となる欠陥としては、ウエーハの表層
10 近くに現れるCOP (Crystal Originated Particle) が知られている。COPは、 $0.1\mu\text{m}$ 以下の欠陥であるが、アンモニア、過酸化水素水の溶液 (SC1溶液ともいわれる) で処理することによって観察できる $0.1\sim 0.5\mu\text{m}$ 程度の欠陥として、ウエーハ表面にピットとして現われる。これらは、結晶を引き上げる際
15 に導入されてしまう欠陥である。

また酸化膜耐圧との関係が深いFPD (Flow Pattern Defect) は、フッ酸、重クロム酸カリウム系のエッチング液を用い、選択エッチングすることによりさざなみ模様の欠陥が現われる。

他にも、レーザ散乱トモグラフィ法により検出されるLSTD (Laser Scattering Tomography Defect)
20 などが知られているが、これらの欠陥は結晶成長中の生成挙動がよく似た微小欠陥である。

また、酸化誘起積層欠陥 (Oxidation-induced Stacking Fault; OSF) などデバイス特性に大きく影響
25 することが知られている。

これらの欠陥を評価する方法としては、各欠陥を評価する前に、シリ

コンウエーハ自体に前処理を行い、その後目視や電子顕微鏡などで欠陥を直接観察している。

発明の開示

- 5 上記欠陥以外にもデバイス工程に影響する欠陥が存在するのではないかという事が考えられていた。これは、COP、FPD、LSTDやOSFとは違う形態の欠陥と考えられるが、その具体的な欠陥の特徴は知られていなかった。

- 10 従って、シリコンウエーハの品質を精密に評価し、シリコンウエーハの作製及びデバイス作製プロセスの改善を図っていくことが困難であった。

- 15 本発明者は従来から知られているCOPなどの結晶欠陥とは異なり、欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である新たな欠陥を発見した。この欠陥は特にデバイス工程での歩留まりに影響すると考えられる。

- 20 更に詳しくこの新たな欠陥について説明すると、この欠陥は、少なくとも欠陥部分とそれ以外の表面の凹凸には変化がない欠陥である。例えば、原子間力顕微鏡 (AFM: Atomic Force Microscope) で測定した場合、欠陥は全く観察されない。

- 25 原子間力顕微鏡 (AFM) とは、探針先端の原子を試料に近づけた際に働く原子間力を利用して、原子間力が一定になるように探針を制御し表面を観察するものである。ちなみに原子間力顕微鏡 (AFM) の分解能は 0.1nm 以下である。

- 30 この新たな欠陥は、コンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡で適切な画像処理を行うことによって検出することができる。

コンフォーカル光学系とは、サンプル上にレーザー光を集束させて微

小スポットで照射し、その反射光を受光器の全面に配置したピンホールに再び集束させ、ピンホールを通過した光量を検出するものである。

図 7 に示すように、このコンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡 10 はアルゴンイオンレーザ等のレーザー光源 14、フォトダイオード等の光検出器 24、ビームスプリッタ 16、ピンホール 20a 等を有している。なお、このレーザー顕微鏡 10 については後に詳述する。

また、この新たな欠陥は、SC1 洗浄でも評価可能である。しかしこの評価方法は破壊検査となってしまう問題がある。さらに、SC1 洗浄で見やすくするのには、エッチング時間を長くすれば良いが、エッチングが進むとウエーハ表面が粗れてしまうので、COP と本発明で明らかになった新しい欠陥の区別も難しい。

上記した新たな欠陥は、デバイスの歩留まりに影響することから、上記評価方法により評価し、欠陥が観察されたウエーハはデバイス工程に送らないように管理すればよいことが判明した。本発明は上記した知見に基づいて完成されたものである。

本発明は、デバイス工程に影響する新たな欠陥の確認及びその新たな欠陥を効果的に検出するシリコンウエーハ検査方法及びこの欠陥の存在しないシリコンウエーハの製造方法及びこの欠陥のないシリコンウエーハを用いた半導体デバイスの製造方法並びにこの欠陥のないシリコンウエーハを提供する事を目的とする。

上記課題を解決するために、本発明のシリコンウエーハの検査方法は、シリコンウエーハを検査するにあたり、微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5 \mu\text{m}$ 以上である欠陥を検査するものである。なおこの新たな欠陥は、微小欠陥として $0.05 \sim 0.5 \mu\text{m}$ 程度の欠陥が、数十個～数百個程度集合しコロニー状の欠陥が形成されている。集合する微小欠陥の数にもよるが、小さいものでも全体として $0.$

5 μm 以上のサイズの欠陥として検出される。大きいものでは3～10 μm 程度の大きさの欠陥もある。

上記欠陥はコンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡又は暗視野顕微鏡で検査することが可能である。この欠陥は、欠陥部分とそれ以外の
5 表面の凹凸に変化がないため、原子間力顕微鏡（AFM）では評価できない。アンモニア、過酸化水素水系の薬液（SC1溶液）により前処理し、欠陥部分をエッチングした後測定すれば検出は可能であるが、破壊検査となってしまう。またCOP等の従来の欠陥との区別が難しくなる。非破壊検査として評価するにはコンフォーカル光学系によるレーザー顕
10 微鏡が好適である。

また、コンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡以外にも、暗視野顕微鏡でも評価が可能であることが明らかになった。暗視野顕微鏡は、測定系全体を暗くした状態で測定サンプル上にレーザー光をあて、欠陥
15 や異物によって散乱された光を観察する方法であり、これも非破壊で評価可能である。

本発明のシリコンウエーハの製造方法の第1の態様は、少なくとも研磨工程及び洗浄乾燥工程を有するウエーハの製造工程において、洗浄乾燥工程後に、コンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡又は暗視野顕微鏡により、微小欠陥がコロニー状に集合し全体の欠陥サイズが0.5
20 μm 以上である欠陥を検査する工程を有するものである。

本発明のシリコンウエーハの製造方法の第2の態様は、少なくとも研磨工程及び洗浄乾燥工程を有するウエーハの製造工程において、鏡面研磨された後にウエーハ表面に不純物が付着するのを防止するとともに、微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが0.5 μm 以上
25 である欠陥の発生を防止するものである。

本発明の半導体デバイスの製造方法は、シリコンウエーハについて微

小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥を検査し、欠陥のないウエーハを選別し、この欠陥のないシリコンウエーハを用いて半導体デバイスを製造するものである。

本発明のシリコンウエーハは、鏡面研磨されたシリコンウエーハであ
5 って微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥が存在しないことを特徴とする。

本発明の検査方法によって検査対象とされるこの新しい欠陥は結晶起因の欠陥というより、主に研磨工程以降の不純物、例えば金属不純物により汚染、または研磨後に表面状態が不均一（研磨剤のアルカリ成分が
10 部分的に残っていたり、親水面と疎水面ができたりと不均一な状態）、または大気中に浮遊しているシリコン粒などがウエーハに付着することで発生することが考えられる。研磨後にウエーハ表面に不純物が付着するのを防止し、この欠陥の発生を防止することができる。

従って、このような欠陥のないウエーハの製造のためには、ウエーハ
15 研磨直後に不純物が付着しないようにする。例えば、研磨直後のウエーハの保管を水中で行い、この保管用水にクエン酸と界面活性剤を添加したり、または、過酸化水素水とクエン酸を添加するなどし、ウエーハ表面に不純物の一種である金属が付着しないように管理し製造する。また、保管後、洗浄工程及び包装工程（及び検査工程）等の工程を経て最終的
20 なウエーハが加工されるが、これらの研磨後の洗浄工程、包装工程なども大気中からの不純物の汚染、またはウエーハを出荷する出荷容器などの包装容器からの汚染も防止するように注意しウエーハを製造すればよい。

このように研磨後の不純物汚染を十分注意するように製造すれば、安
25 定してこれらの欠陥のないウエーハが製造できる。

また、これとは別に、コンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡又

は暗視野顕微鏡により、微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥を検査する工程を製造工程の一部とし、特に洗浄後、包装前の段階で検査する工程を有したウエーハの製造方法とすることが望ましい。

- 5 このような検査方法を製造工程の一部とすると歩留まりを悪くすると思われるウエーハを取り除くことができ好ましい。また、コンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡又は暗視野顕微鏡は、非破壊の検査装置であるため製造工程の一部として実施することができる。

- 10 このようにし、微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥のないウエーハを選別し、デバイス工程でこのウエーハを使用することにより歩留まりのよいデバイス製造が可能になる。

図面の簡単な説明

- 15 図1は、実験例1におけるコンフォーカル光学系のレーザー顕微鏡によるシリコンウエーハの顕微鏡写真である。

図2は、図1の模式図である。

図3は、実験例1における原子間力顕微鏡（AFM）によるシリコンウエーハの顕微鏡写真である。

- 20 図4は、図3の模式図である。

図5は、実験例2における原子間力顕微鏡（AFM）によるシリコンウエーハの顕微鏡写真である。

図6は、図5の模式図である。

- 25 図7は、コンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡の基本構造を示す概略説明図である。

図8は、ウエーハ検査手順の1例を示すフローチャートである。

図 9 は、暗視野顕微鏡の基本構造を示す概略説明図である。

図 10 は、実験例 3 における暗視野顕微鏡によるシリコンウエーハの顕微鏡写真である。

図 11 は、図 10 の模式図である。

5

発明を実施するための最良の形態

以下に、本発明方法に用いられるコンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡及び暗視野顕微鏡及びそれを用いたウエーハの検査手順について図 7、図 8 及び図 9 に基づいて説明するが、本発明はこれらの図示例
10 に限定されるものではなく、本発明の技術思想から逸脱しない限り種々の変形が可能であることはいうまでもない。

図 7 はコンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡の基本構造を示す概略説明図である。図 7 において、10 はコンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡で、顕微鏡本体 12 に対応してアルゴンレーザー等の
15 レーザー光源 14 が設けられている。

該顕微鏡本体 12 はレーザー光源 14 からのレーザービーム B を複数のレーザービーム B に分割するビームスプリッタ 16、検査対象であるウエーハ W の表面にレーザービーム B を収束させる対物レンズ 18、ウエーハ W の表面から反射したレーザービーム B をピンホール部材 20 の
20 ピンホール 20 a に収束する集光レンズ 22 及び該ピンホール 20 a を通過したレーザービーム B を受光する光検出器 24 から構成されている。

このような構成により、その動作原理を以下に説明する。

①レーザー光源 14 からのレーザービーム B はビームスプリッタ 16 によって複数のレーザービーム B に分割される。

25 ②対物レンズ 18 によって全てのレーザービーム B はウエーハ W の表面上に収束し、例えば $0.4 \mu\text{m}$ 程度のスポットでウエーハ表面を照射

し、それと同時に全てのレーザービーム及び間隔を一定に保ったまま水平方向にスキャンされる。

③ウエーハWの表面から反射されたレーザービームBは光学系を戻り、集光レンズ22によって収束されてピンホール部材20のピンホール20aを5 0 aを通して光検出器24に入射する。

④ウエーハWの表面に欠陥がある場合には、その欠陥部分からの反射光の波面は乱れており、光検出器24においてレーザービームBのスポットが拡がってしまい光検出信号が低下する。

⑤不図示の欠陥検出回路は、光検出器24における信号の差を検出することにより、10 設定された値以上の信号強度差が発生する部分を欠陥部とし、その大きさと座標を記録する。

⑥検査は等速スピードで移動しながら行われ、それぞれのビームスポットはウエーハWの全体を緻密にスキャンする。

続いて、上記したコンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡10を用いたウエーハWの検査手順を図8によって説明する。図8はウエーハWの検査手順の一例を示すフローチャートである。15

本発明のウエーハの検査方法におけるウエーハの具体的な検査手順は次のように行われる。

①ウエーハカセットにウエーハを載せ、ローダー部にセットする（ステップ100）。20

②オペレータコンソール部で検査するウエーハの順番や検査感度等のレシピを作成する（ステップ101）。

③自動的にアラインメントを行い連続的にウエーハの検査を実行する（ステップ102）。

④ウエーハの検査実行中は検査済みの領域の検査結果の欠陥マップ及びヒストグラムが表示され、検査結果ファイルが自動的に作成される25

(ステップ103)。

⑤ウエーハの検査終了後に欠陥マップ画面から指定した任意の欠陥部分の画像を観察することができる(ステップ104)。

5 なお、以下の実施例で用いたコンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡ではオプションのビデオプリンタを使用すると、モニタ画面をプリントアウトすることができる。さらに、検査結果の座標ファイルフォーマットを走査型電子顕微鏡(SEM: Scanning Electron Microscope)や原子間力顕微鏡(AFM)等の他の装置の座標ファイルフォーマットに変換することにより、検出した欠陥部分
10 を異なる観点から解析することもできる。

図9は暗視野顕微鏡の基本構造を示す概略説明図である。図9において、30は暗視野顕微鏡で、光学顕微鏡本体32を有し、測定系を暗視野にしてある。光学顕微鏡本体32に対してアルゴンレーザー等のレーザー光源34が設けられている。レーザー光源34からのレーザービームBをウエーハW表面に照射すると、ウエーハWの欠陥1等によりレーザービームBが散乱せしめられ、このレーザー散乱光Sを集光しCCDカメラ等の観察装置(検出器)44で検出する。
15

このような構成により、その動作原理を以下に説明する。

①測定系を暗視野にした状態でレーザー光源34からレーザービームBをウエーハW表面に照射する。
20

②ウエーハW面内をスキャンすると欠陥1のある部分でレーザーが散乱する。

③この散乱光(レーザー散乱)を光学顕微鏡で集束し、検出器44で検出するものである。

25 実施例

以下に、実施例を挙げて本発明をさらに具体的に説明するが、これら

の実施例は例示的であり、限定的に解決されるべきでないことはいうまでもない。

〔実験例 1 : コンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡による検査 (非破壊検査) 〕

- 5 コンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡として、レーザーテック社製の M A G I C S (商品名) を用いシリコンウエーハの観察検査を行った。なお、このコンフォーカル光学系のレーザー顕微鏡を用いた検査は非破壊であり、特別な前処理が必要ない。

- 10 試料シリコンウエーハは一般的な方法により製造した。つまり、シリコン単結晶インゴットをスライスし、該スライスされたウエーハの割れ、欠けを防止するためにその外周部を面取りし、このウエーハを平坦化するラッピングと、加工歪みを除去するエッチング工程と、そのウエーハ表面を鏡面化する研磨 (ポリッシング) を行い洗浄、乾燥した試料ウエーハの評価を行った。

- 15 欠陥の観察結果を図 1 及び図 2 に示す。図 1 は M A G I C S を用いた上記シリコンウエーハの表面の顕微鏡写真及び図 2 は図 1 の模式図である。図 1 及び図 2 の符号 1 は新たにデバイス工程で問題となると考えられる欠陥 (欠陥 1) である。図 1 の顕微鏡写真及び図 2 の模式図から、点状の欠陥がコロニー状に集まりかつ全体として $0.5 \mu\text{m}$ 以上の欠陥を形成していることが分かる。図 1 及び図 2 の欠陥 1 はウエーハ面内で観察される代表的な欠陥を示したものである。微小欠陥の集合状態により全体の欠陥のサイズは異なるものの、同様なコロニー状の形状を持つ $0.5 \mu\text{m} \sim 10 \mu\text{m}$ 程度の大きさの欠陥 1 がウエーハ面内で複数観察された。図 1 及び図 2 に示した欠陥 1 は約 $6 \mu\text{m}$ の欠陥であった。

- 25 なお、図 1 及び図 2 において、符号 2 は、原子間力顕微鏡 (AFM) によって観察できる欠陥 (欠陥 2) である。この欠陥 2 を目印とし、他

の評価法でも同じ位置を確認した。つまり、定点観察するようにした。

引き続き原子間力顕微鏡（A F M）で欠陥表面の凹凸を評価した。原子間力顕微鏡（A F M）はセイコーインスツルメンツ社製 S P A 3 6 0 を用いた。

- 5 欠陥 2 を目印に図 1 及び図 2 と同じ位置で欠陥を確認した。原子間力顕微鏡（A F M）の観察結果を図 3 に示す。図 3 は S P A 3 6 0 を用いた上記シリコンウエーハの表面の顕微鏡写真及び図 4 は図 3 の模式図である。図 3 及び図 4 から明らかなように、図 1 及び図 2 で観察された欠陥 1 は原子間力顕微鏡（A F M）などで凹凸を評価しても検出されることがなく、C O P 等とは違って、この欠陥は凹凸が無くウエーハ内部（極表層）部分での歪みに不純物が集まったもの等であることが考えられる。

〔実験例 2 : S C 1 液による長時間処理後の検査（破壊検査）〕

- 15 実験例 1 で観察したシリコンウエーハに対して S C 1 液（28 重量% アンモニア水 : 30 重量% 過酸化水素水 : 水 = 10 : 2 : 100 の容積比の薬液）を用い、薬液温度 80℃、処理時間 40 分の条件で処理を施した。これらの浸漬処理を施したウエーハについて原子間力顕微鏡（A F M）によって観察検査を行った。

- 20 欠陥の観察結果を図 5 及び図 6 に示す。図 5 は S P A 3 6 0 を用いた上記シリコンウエーハの表面の顕微鏡写真及び図 6 は図 5 の模式図である。原子間力顕微鏡（A F M）で観察できなかった（図 3 及び図 4 参照）欠陥 1 の部分が、S C 1 組成の薬液によってエッチングされ、図 5 及び図 6 に示されるように、欠陥 1 が観察できるようになることがわかる。

- 25 以上のように、この新しい欠陥 1 は C O P などの結晶起因の欠陥とは違い、ウエーハ表面の極表層で起きている欠陥、特に歪みが原因の欠陥

と考えられる。

〔実験例3：暗視野顕微鏡による検査〕

暗視野顕微鏡として、セイコーインスツルメンツ社製SPA360を用いシリコンウェーハの観察を行った。なお、このSPA360は先に示した原子間力顕微鏡（AFM）と暗視野顕微鏡の異なる顕微鏡を併設した装置であり、AFMで測定した座標位置と同じ位置の暗視野顕微鏡観察ができる装置である。

試料シリコンウェーハは、コンフォーカル光学系のレーザー顕微鏡で、微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体として欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥が存在することを確認したウェーハ（実験例1のウェーハ）について行った。

欠陥の観察結果を図10及び図11に示す。図10は暗視野顕微鏡による上記シリコンウェーハの顕微鏡写真及び図11は図10の模式図である。これらは約50倍の倍率で観察したものである。微小欠陥それぞれは区別しづらいもののコンフォーカル光学系のレーザー顕微鏡で観察された欠陥1と同様な形状の欠陥を観察することが可能であることがわかる。なお、暗視野顕微鏡では通常の凹凸のある欠陥（例えば目印として観察した欠陥2のようなもの）やパーティクルが存在する場合にレーザー散乱を起こし検出が可能となるものであるが、本発明のような凹凸のない欠陥も観察できることがわかった。このように暗視野顕微鏡でこの新たな欠陥が観察できるのは、この欠陥が特異な欠陥であるためと考えられる。つまりこの欠陥は凹凸が存在しないものの、欠陥部分とそのまわりの正常な部分で表面の質、特に不純物等の存在による密度的な違いがある欠陥と考えられる。

25 (実施例1)

実験例1と同様の手順により研磨処理まで行った試料シリコンウェー

ハを作成し、その研磨後の試料ウェーハを、クエン酸＋過酸化水素水のピット層に保管し、金属汚染などの不純物を極力防止し、次に洗浄を行った。この洗浄においても重金属の汚染を防止し乾燥した。また、その後も空気中のパーティクル量が1 c f (c u b i c f e e t) あたり、
5 1000個以下の環境下で維持し、すぐにコンフォーカル光学系を用いたレーザー顕微鏡でそのウェーハを観察評価した。図1に示されたような微小欠陥がコロニー状に集合し全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥1は観察されなかった。

(比較例1)

10 実験例1と同様の手順により研磨処理まで行った試料シリコンウェーハを作成し、その研磨後の試料ウェーハを、純水の保管用水で保管及び故意に大気中にしばらく放置した後に、洗浄を行った。なお、この時故意に不特定の不純物に接触するようにした。このシリコンウェーハについて、コンフォーカル光学系を用いたレーザー顕微鏡によって観察評価
15 した。図1及び図2に示されたような微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥1が複数観察された。今回観察したウェーハ(8インチウェーハ)には $1\sim 5\mu\text{m}$ 程度の大きさのコロニー状の欠陥がウェーハ面内、特に周辺部分に $10\sim 30$ 個存在していた。

20 (製造例1)

コンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡により、微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥を検査する工程を製造工程の一部とし、つまり洗浄乾燥工程と包装工程の間に上記検査工程を有したウェーハ製造工程とした。

25 ウェーハ製造のうち、洗浄乾燥工程までの工程を複数のラインで実施し、ウェーハを評価した。製造ラインによって、上記欠陥が観察される

ラインとされないラインがあった。製造工程をみると、研磨後の保管用水は、純水のみの保管用水であった。上記保管用水に過酸化水素水とクエン酸を添加することで、このラインで製造したウエーハにも欠陥が見られなくなった。このようにコンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡の検査結果により製造工程の改善ができる。

また、欠陥の観察されたウエーハ、特に $0.5\mu\text{m}$ 以上の比較的大きな欠陥を有するウエーハをデバイス工程に投入すると、歩留まりが低下した。検査工程で目視又は画像処理によりこの欠陥を識別し選別して、デバイス工程に投入することにより歩留まりは向上した。

10 上記した各種の実験結果によって、デバイスの歩留まりに影響する新たな欠陥が明らかになった。また、このような欠陥が存在しないウエーハが良好な性能を示すことが分かった。この欠陥は、コンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡で容易に検出できることがわかった。従って、この欠陥のないウエーハを識別してデバイス工程に送ることで歩留まり
15 の向上が行える。なお、この欠陥を防止するには、研磨後の不純物汚染を防止し管理すれば良いこともわかった。又、コンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡以外にも暗視野顕微鏡により検出できることがわかり、同様な効果が得られることがわかった。このような検出される光の量の変化（コントラストの違い）を敏感に観察できる顕微鏡が好ましい。

20 なお、本発明は上記実施の形態に限定されるものではない。例えば、このようなコンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡等で観察される新たな欠陥、つまり微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上で凹凸のない欠陥は、研磨工程後によく観察される。これは研磨後のウエーハ表面が活性な状態であるため、欠陥の原因と考えられる不純物と接触した場合にその影響を受けやすいためと考えられる。
25 このようなウエーハ表面が活性な状態はエピタキシャル成長後やフ

ッ酸溶液等により処理したウェーハでも起こり、同様な欠陥が観察されることがある。このようなエピタキシャル成長後やフッ酸処理後のウェーハを検査すること及びこれらの工程後にこの欠陥がないウェーハを選別することも本発明の技術範囲に包含される。

5

産業上の利用可能性

以上述べたごとく、本発明のシリコンウェーハ検査方法によれば、デバイス工程に影響するシリコンウェーハの新たな欠陥（微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥）の
10 確認及びその新たな欠陥を効果的に検出することが可能である。本発明のシリコンウェーハの製造方法によれば、この新たな欠陥の存在しないシリコンウェーハを製造することができる。また、本発明のデバイスの製造方法によれば、この新しい欠陥の存在しないシリコンウェーハを用いることによって歩留りの向上が可能となる。本発明のシリコンウェー
15 ハは、この新しい欠陥が存在しないものであり、デバイスの歩留りの向上に寄与することができる。

請 求 の 範 囲

1. シリコンウエーハを検査するにあたり、微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥を検査すること
5 を特徴とするシリコンウエーハの検査方法。
2. 前記欠陥をコンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡又は暗視野顕微鏡で検査することを特徴とする請求項1記載のシリコンウエーハの検査方法。
3. 少なくとも研磨工程及び洗浄乾燥工程を有するシリコンウエーハの
10 製造方法において、該洗浄乾燥工程後に、コンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡又は暗視野顕微鏡により、微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥を検査する工程を有することを特徴とするシリコンウエーハの製造方法。
4. 少なくとも研磨工程及び洗浄乾燥工程を有するシリコンウエーハの
15 製造方法において、鏡面研磨された後にウエーハ表面に不純物が付着するのを防止するとともに、微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥の発生を防止することを特徴とするシリコンウエーハの製造方法。
5. シリコンウエーハについて微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の
20 欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥を検査し、欠陥のないシリコンウエーハを選別し、この欠陥のないシリコンウエーハを用いて半導体デバイスを製造することを特徴とする半導体デバイスの製造方法。
6. 鏡面研磨されたシリコンウエーハであって、微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥が存在しな
25 いことを特徴とするシリコンウエーハ。

1 / 7

図 1

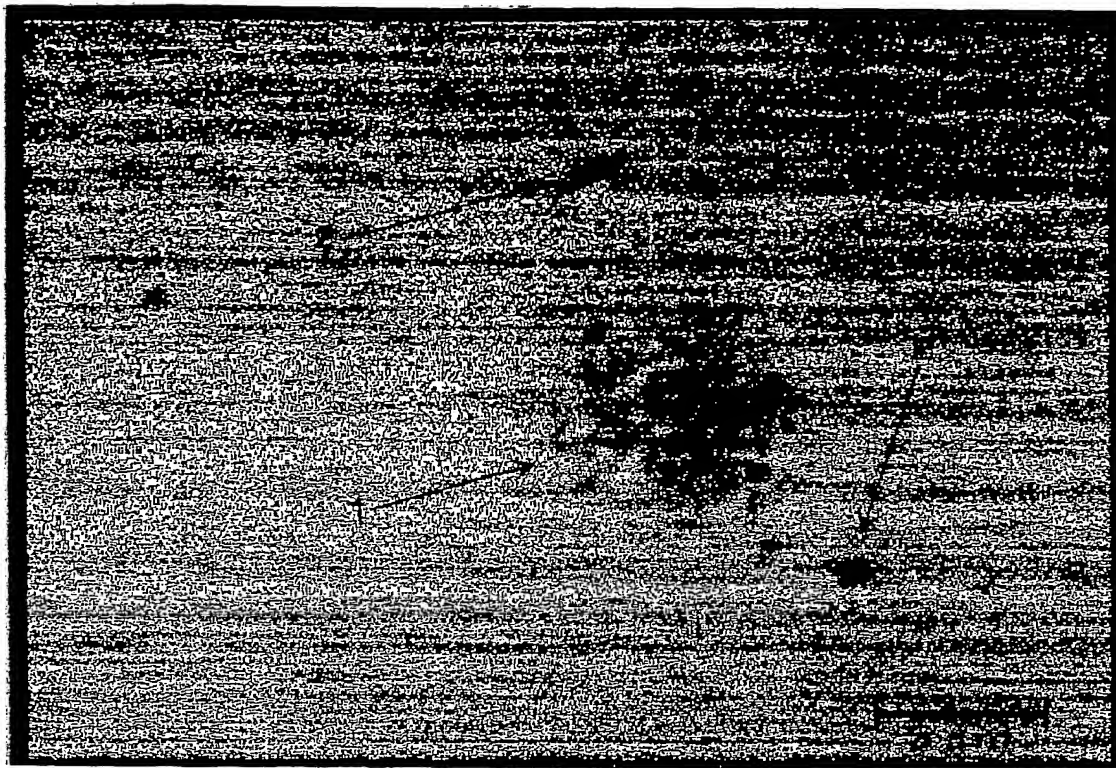
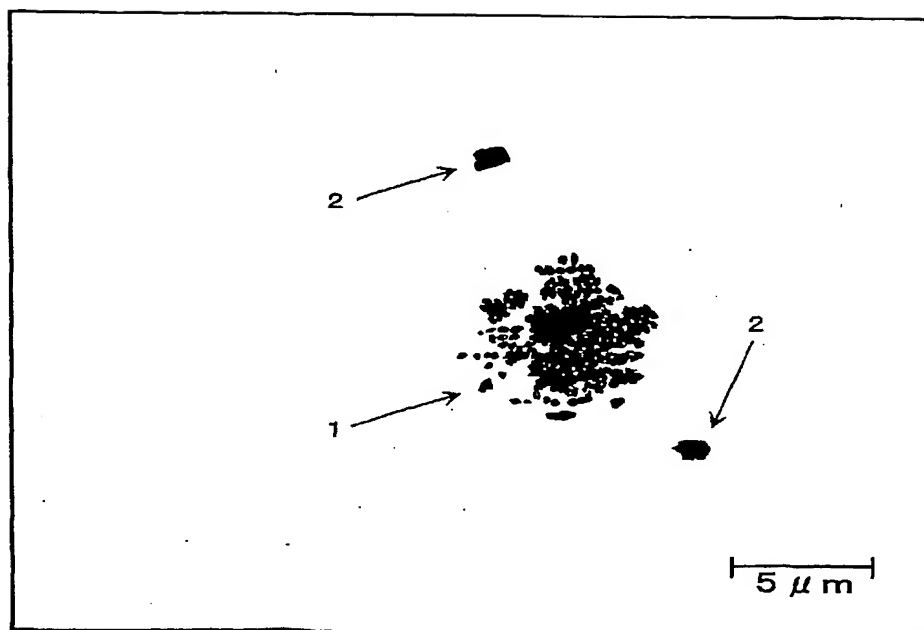


図 2



2 / 7

図 3

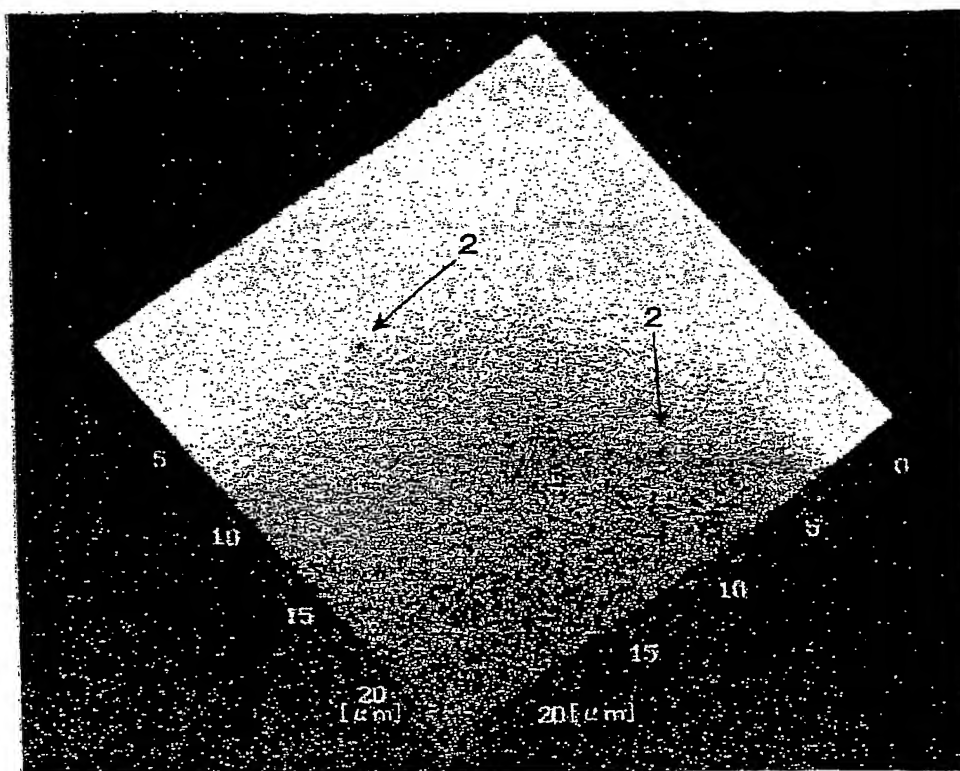
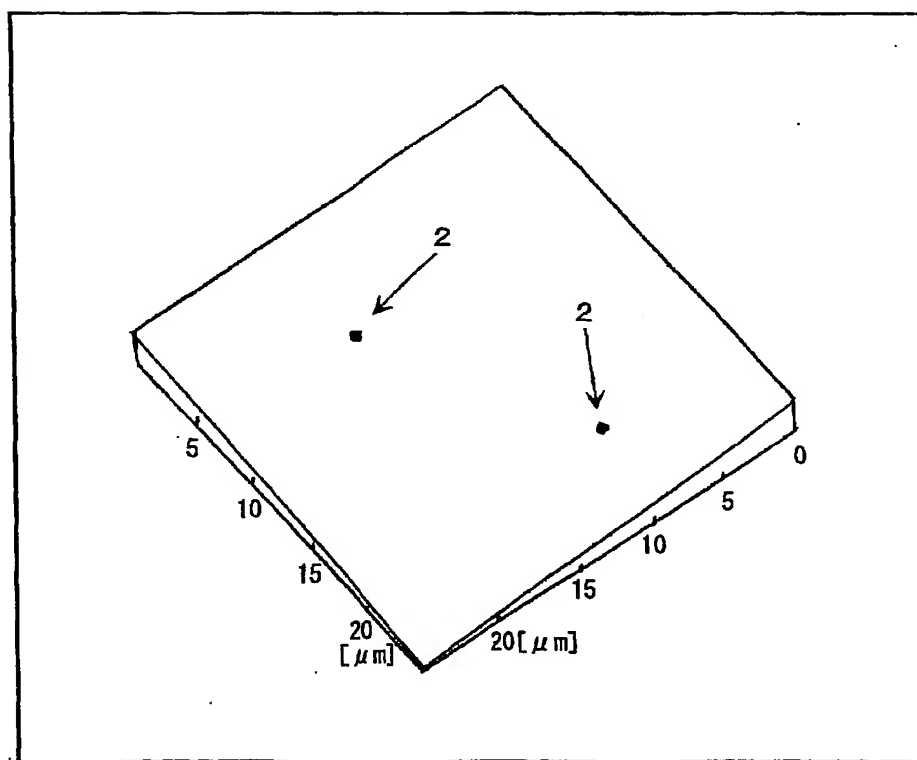


図 4



3 / 7

図 5

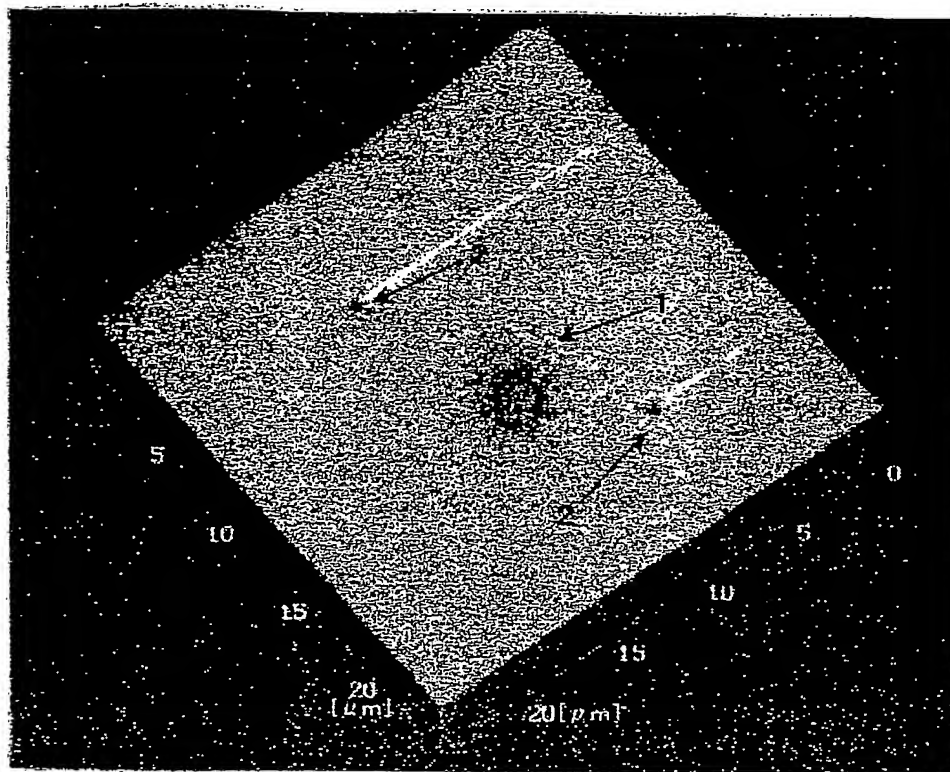


図 6

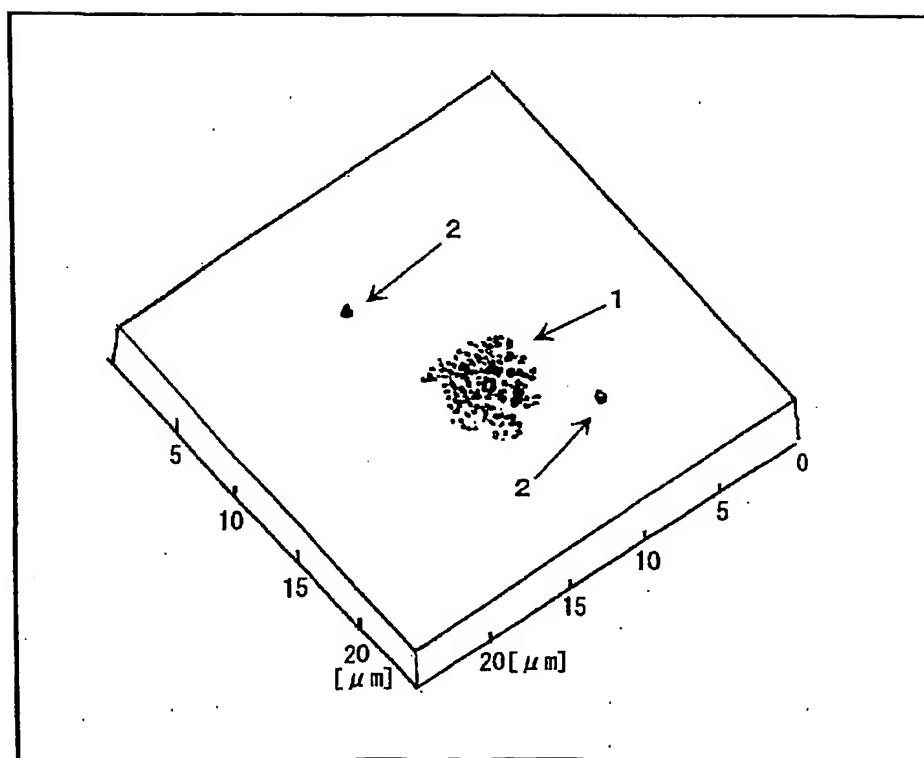


図 7

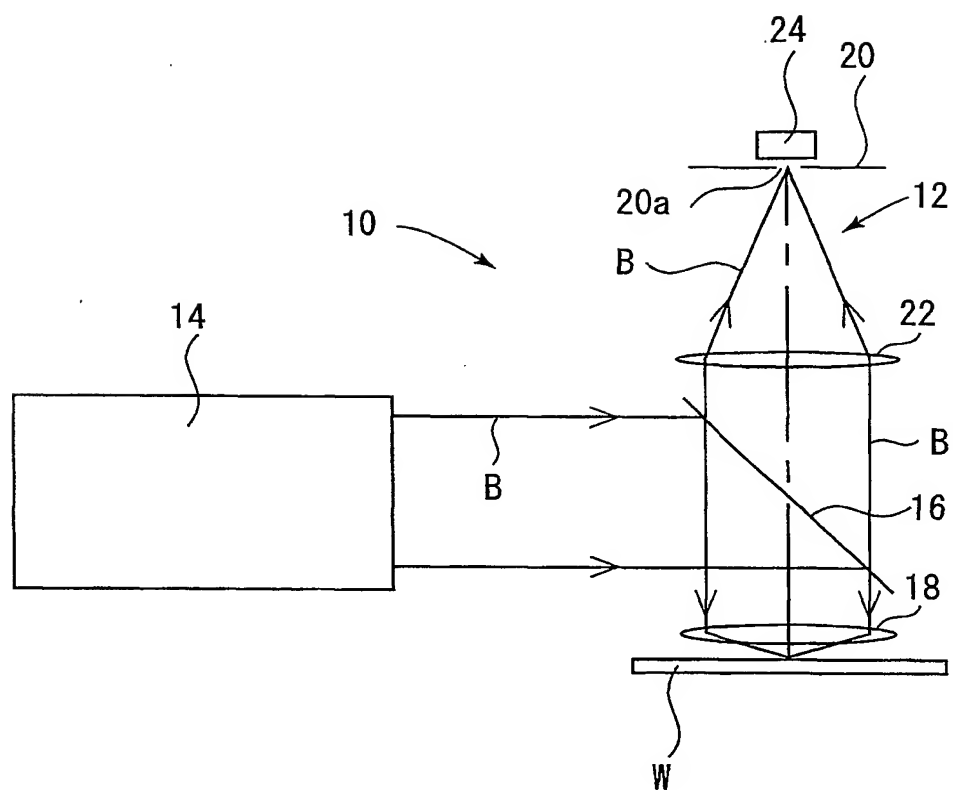


図 8

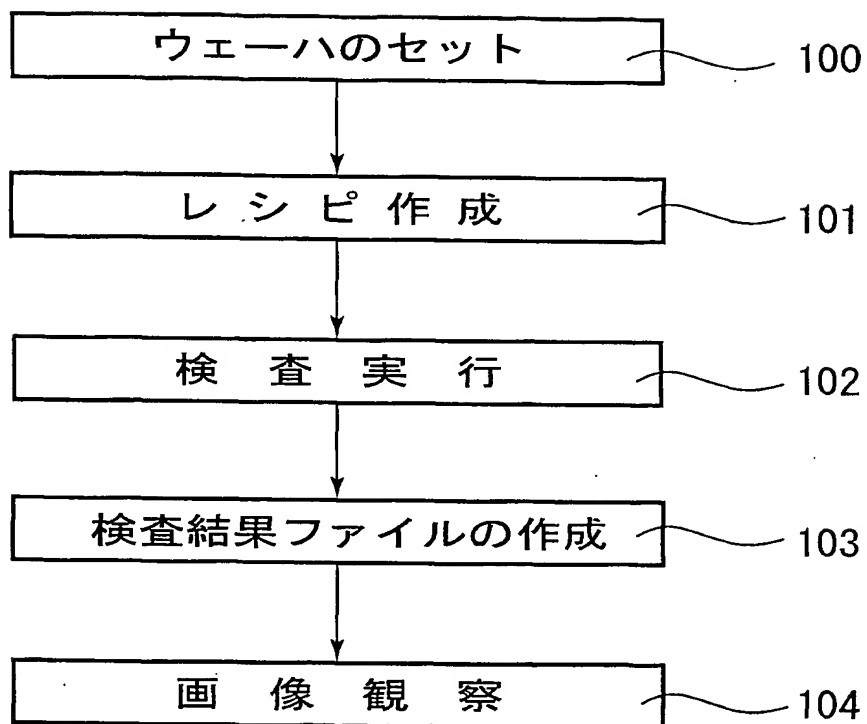
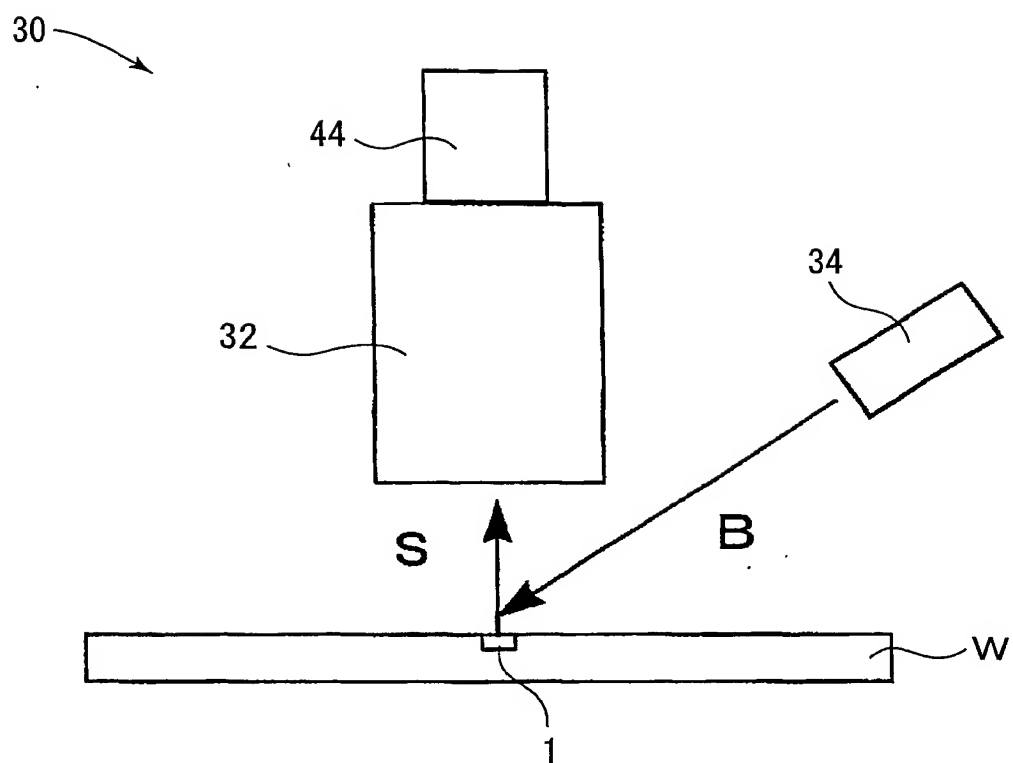


図 9



7 / 7

図 10

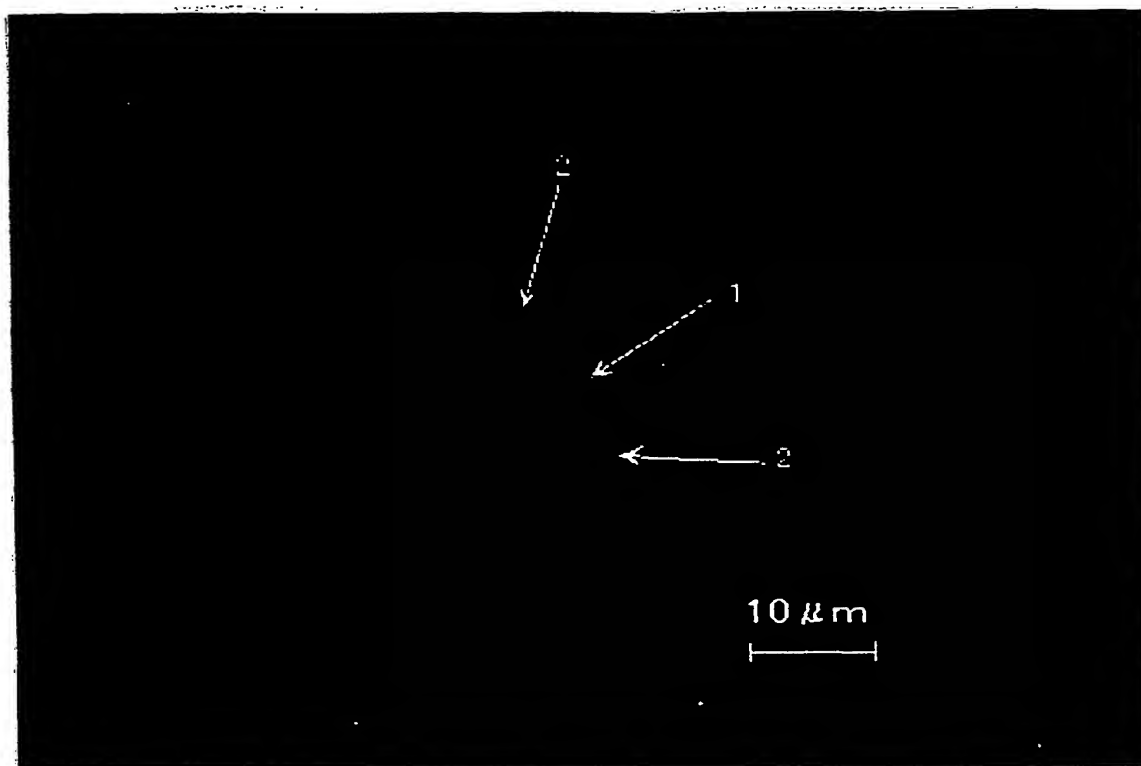
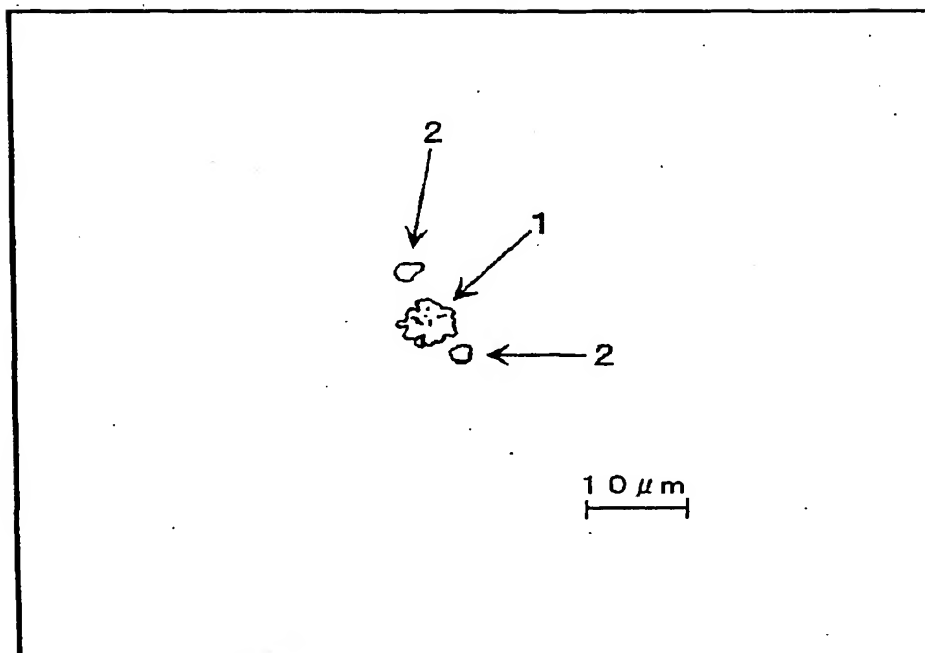


図 11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/07152

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L21/66, G01N21/956, G01B11/30,
H01L21/304

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L21/66, G01N21/956, G01B11/30,
H01L21/304

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-2001 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 5-17292 A (Nippon Steel Corporation), 26 January, 1993 (26.01.93), table 1 and its relevant description (Family: none)	1-6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"I" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
01 November, 2001 (01.11.01)

Date of mailing of the international search report
13 November, 2001 (13.11.01)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JPO1/07152

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. H01L21/66, G01N21/956, G01B11/30,
H01L21/304

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. H01L21/66, G01N21/956, G01B11/30,
H01L21/304

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926年-2001年

日本国公開実用新案公報 1971年-2001年

日本国登録実用新案公報 1994年-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 5-17292 A (新日本製鐵株式会社), 26. 1月. 1993 (26. 01. 93), 表1及びその関連箇所 (ファミリ なし)	1-6

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

01. 11. 01

国際調査報告の発送日

13.11.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

田代 吉成



4R 9448

電話番号 03-3581-1101 内線 3470

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)